

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ ТИТАНОВЫХ И АЛЮМИНИЕВЫХ ПЛАСТИН, ПРОИСХОДЯЩИХ В ПРОЦЕССЕ СВАРКИ ВЗРЫВОМ

Павлюкова Д.В., Ярцев П.С., Гонтаренко А.С.

Руководитель – профессор, д.т.н. Батаев А.А.

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, pavlyukova_87@mail.ru

Сварка взрывом является технологическим процессом, позволяющим соединять как однородные, так и разнородные металлические материалы, в том числе пары металлов, которые невозможно соединить сваркой плавлением. К таким материалам относится пара «титан - алюминий». Проблема соединения титана и алюминия заключается в образовании на их границе раздела химических соединений, обладающих повышенной твердостью и хрупкостью. Сварка взрывом применяется для соединения таких материалов, благодаря кратковременности процесса, которая препятствует развитию диффузии на границе раздела разнородных материалов.

В данной работе в качестве исходных материалов были выбраны первичный алюминий марки А5 и титан ВТ1-0. Из пластин алюминия и титана толщиной 1 мм и 0,5 мм по схеме, приведенной на рис. 1 а, был сформирован 21-слойный композиционный материал. Общий вид композита в поперечном сечении вдоль продвижения точки контакта представлен на рис. 1 б.

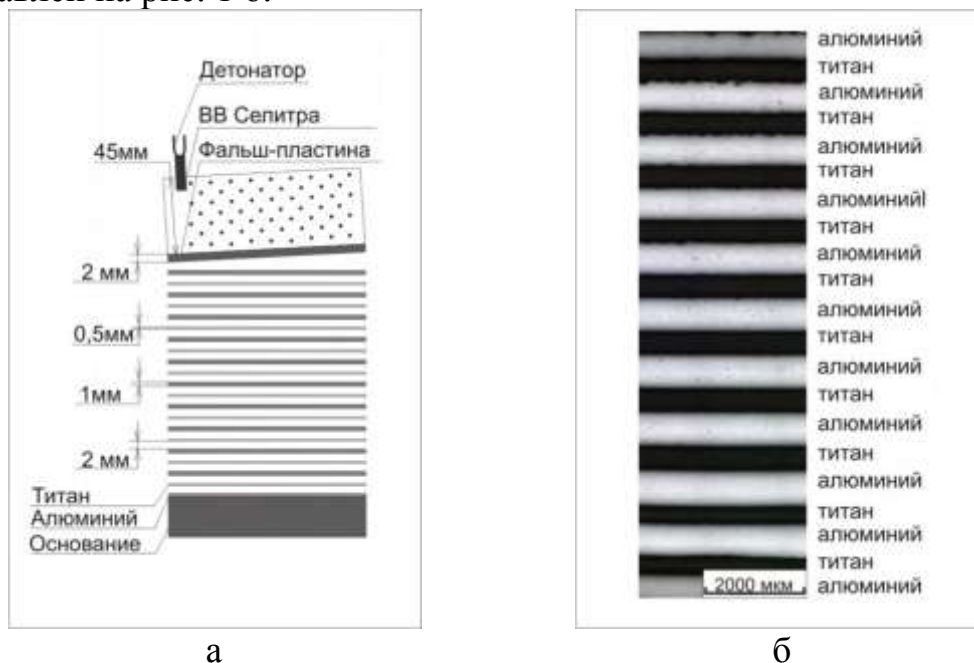


Рис. 1 – Схема получения 21-слойного композита методом сварки взрывом (а) и общий вид композита в поперечном сечении (б).

Границы раздела титана и алюминия имеют характерную для сварки взрывом волнообразную форму. Значения основных параметров волн представлены на рис. 2. По мере продвижения от верхних сварных швов к нижним амплитуда и длина волн постепенно уменьшаются. Это связано с тем, что верхние сварные швы подвергаются более интенсивному динамическому нагружению. В поверхностных слоях алюминия происходят процессы полигонизации, обусловленные разогревом локальных участков (рис. 3 а). Размер субзерен в приграничных слоях алюминия составляет ~1,3 мкм. Для развития процессов полигонизации в титане температура нагрева была недостаточной (рис. 3 б). Одной из особенностей сварных швов и прилегающих к ним зон является формирование вихрей на гребнях и впадинах некоторых волн.

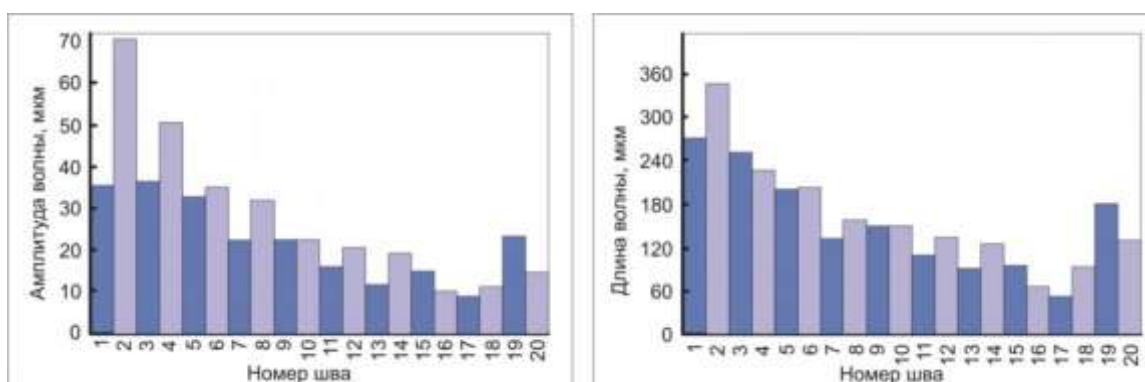


Рис. 2 – Амплитуда и длина формируемых на границах раздела алюминия и титана волн.

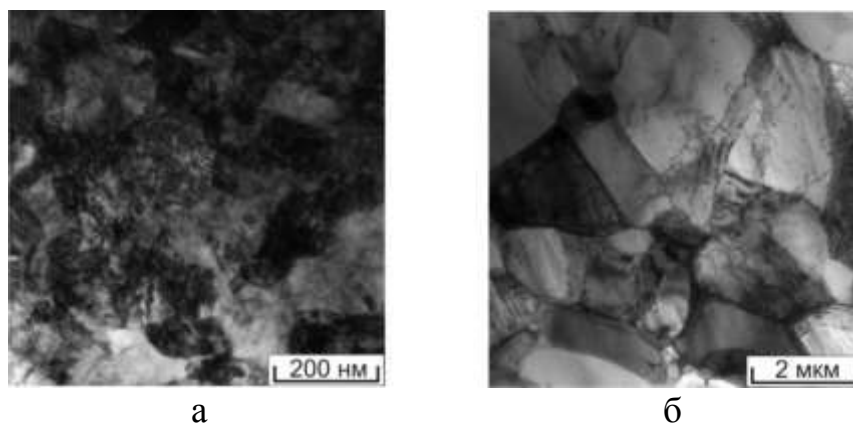


Рис. 3 – Структурные преобразования зонах, прилегающих к сварному шву: а – титан; б – алюминий.

Состав вихрей был определен методом микрорентгеноспектрального анализа (рис. 4). Полученные результаты свидетельствуют о том, что вихревые зоны были образованы в результате интенсивного перемешивания титана и алюминия. Микротвердость вихрей существенно превышает микротвердость титана и алюминия и составляет ~5500 МПа. Полученное значение соответствует микротвердости интерметаллида Al_3Ti .

Возможность формирования интерметаллида связана с разогревом локальных зон сварного шва в процессе сварки взрывом до температур, превышающих температуру плавления алюминия. Однако методом рентгенофазового анализа интерметаллид в многослойном композите зафиксирован не был, что, вероятно, связано с его низкой объемной долей.

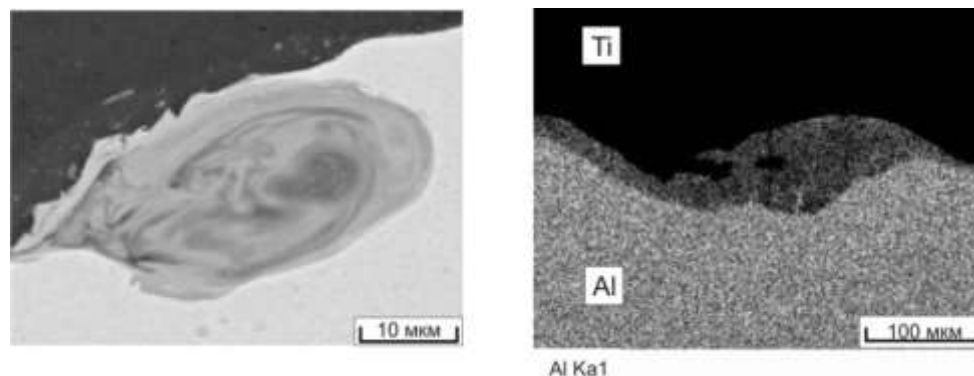


Рис. 4 – Вихревые зоны, формируемые вблизи гребней и впадин волн.

Структурный анализ материала, прилегающего к вихревым зонам, свидетельствует о том, что процесс сварки взрывом приводит к образованию нанокристаллической структуры. Размер структурных элементов в рассматриваемых участках составляет ~ 25 нм. Анализ дифракционных картин позволил установить, что данная структура соответствует твердому раствору титана в алюминии (рис. 5).

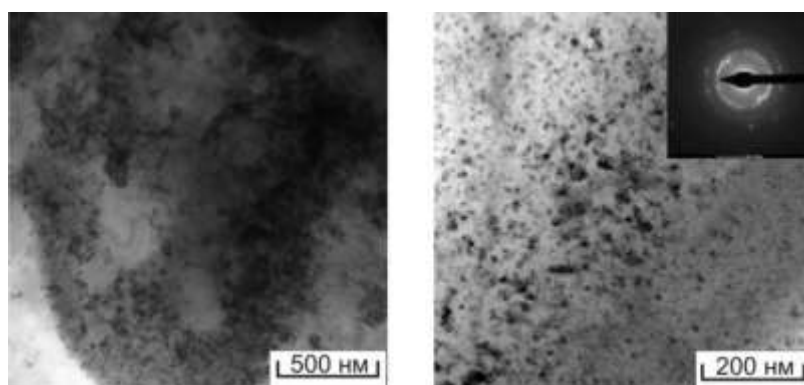


Рис. 5 – Наноструктурированный твердый раствор титана в алюминии.

На основании структурных исследований можно сделать вывод о высоком качестве сварных швов. В процессе сварки взрывом металлические материалы претерпевают существенные структурные изменения, к которым относятся: интенсивная пластическая деформация приграничных слоев и образование новых фаз.